

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : TRG5780100

ชื่อโครงการ : วงจรประจุแบตเตอรี่แบบแยกกราวด์ที่สามารถจ่ายพลังงานจากรถไฟฟ้า
ย้อนกลับเข้าสู่สายส่ง (V2G) สำหรับใช้งานในระบบสมาร์ตกริด

ชื่อนักวิจัย : ดร.ศักดา สมกุล¹ และ รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ชื่นแขก²

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร อีเมล sakdaso@nu.ac.th

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อีเมล viboon.c@eng.kmutnb.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 2 มิถุนายน 2557 ถึง 1 มิถุนายน 2559

การใช้อุปกรณ์สะสมพลังงานร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเป็นมาตรการสำคัญสำหรับการลดการใช้งานเชื้อเพลิงฟอสซิล พลังงานที่สะสมอยู่ในรถไฟฟ้าขณะเชื่อมต่อกับสายส่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการช่วยสนับสนุนระบบไฟฟ้าเมื่อกำลังการผลิตจากพลังงานทดแทนมีไม่เพียงพอเนื่องจากปัจจัยทางสภาพอากาศ

โครงการวิจัยนี้เสนอการออกแบบและสร้างต้นแบบวงจรประจุแบตเตอรี่แบบแยกกราวด์ที่สามารถจ่ายพลังงานจากรถไฟฟ้าย้อนกลับเข้าสู่สายส่ง (Vehicle to grid: V2G) สำหรับใช้งานในระบบสมาร์ตกริด วงจรประจุแบตเตอรี่ดังกล่าวประกอบด้วยวงจรแปลงผันกระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบสองทิศทางที่มีกระแสแหล่งจ่ายค่าความผิดพลาดฮาร์มอนิกส์ที่ต่ำ ซึ่งต่อร่วมกับวงจรแปลงผันกระแสตรงแบบ Dual active bridge DC-DC converter การแยกกราวด์ด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง 20 kHz วงจรต้นแบบมีขนาด 1.5 kVA ใช้งานร่วมกับแหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับขนาด 220 V 50 Hz มีแรงดันที่บัสไฟตรงขนาด 360 – 400 V และรองรับแรงดันแบตเตอรี่ในย่าน 42 – 52 V จากผลการทดลองการทำงานร่วมกับตัวเก็บประจุซูเปอร์คาปาซิเตอร์ขนาด 83 F 64 V เพื่อจำลองการทำงานของแบตเตอรี่ในรถไฟฟ้า พบว่าเมื่อประจุแบตเตอรี่ด้วยกระแสประมาณ 18 A ที่แรงดันแบตเตอรี่ในช่วง 42 – 52 V วงจรมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในช่วง 85%-87% และกระแสแหล่งจ่ายมีค่าความผิดพลาดฮาร์มอนิกส์ต่ำกว่า 3.4% เมื่อทำงานในโหมด V2G ด้วยการคายประจุแบตเตอรี่ด้วยกระแสประมาณ 18 A ที่แรงดัน 52 – 42 V วงจรมีประสิทธิภาพในช่วง 80%-82% และกระแสแหล่งจ่ายมีค่าความผิดพลาดฮาร์มอนิกส์ต่ำกว่า 4.9% วงจรต้นแบบสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าสู่ระบบไฟฟ้าสูงสุด ± 1 kVar ด้วยค่าความผิดพลาดฮาร์มอนิกส์ต่ำกว่า 2.4%

จุดเด่นของโครงการ คือ ลูบควบคุมกระแสแหล่งจ่ายของวงจรแปลงผันกระแสสลับเป็นกระแสตรง ซึ่งได้เสนอหลักการควบคุมกระแสบนแกนหมุนไม่สมดุลที่มีพฤติกรรมการทำงานเหมือนกับตัวควบคุมกระแสแบบ Proportional-resonant controller ในเชิงอุดมคติ ทำให้สามารถควบคุมกระแสแหล่งจ่ายเข้าสู่ค่าสั่งได้อย่างรวดเร็วและไม่มีค่าผิดพลาดในสถานะคงตัว ทนทานต่อค่าความไม่แน่นอนของค่าพารามิเตอร์ของวงจรและระบบควบคุมมีเสถียรภาพที่ดีเนื่องไม่ส่วนที่สร้าง

กระแสไฟฟ้าหลัง 90° สำหรับการแปลงแกนหมุน สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวงจรอย่างอื่นได้ เช่น อินเวอร์เตอร์แบบ 1 เฟส สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์

วงจรต้นแบบนี้สามารถพัฒนาต่อเพื่อใช้เป็นวงจรประจุแบตเตอรี่ที่ติดตั้งอยู่บนรถไฟฟ้า (On-board battery charger) ระดับกำลัง Level 2 โดยเพิ่มเติมระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่และระบบสื่อสารกับระบบสมาร์ทกริด

คำหลัก : รถไฟฟ้า สมาร์ทกริด วงจรประจุแบตเตอรี่

Abstract

Project Code : TRG5780100

Project Title : A Bidirectional Isolated Battery Charger supporting the Vehicle to Grid (V2G) Operation in Smart Grid Systems

Investigator : Dr. Sakda Somkun¹ and Associate Professor Dr. Viboon Chunkag²

¹School of Renewable Energy Technology, Naresuan University

email: sakdaso@nu.ac.th

²Department of Electrical and Computer Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, email: viboon.c@kmutnb.ac.th

Project Period : June 2, 2014 to June 1, 2016

Application of energy storage devices with renewable energy generation with a key measure to reduce the resilience of fossil fuel. Energy stored in the grid-integrated electric vehicle is an alternative to support the intermittent renewable energy sources.

This work present the design and construction of a bidirectional isolated battery charger for electric vehicle with the vehicle to grid (V2G) operation which is a part of the smart grid system. The prototype consists of a single-phase bidirectional AC-DC converter with low line current distortion, and a dual active bridge DC-DC converter with a 20-kHz transformer for galvanic isolation. The prototype charger has the rated power of 1.5 kVA for the 220-V 50-Hz single-phase system with the DC bus voltage of 360 -400 V and battery voltage of 42 -52 V. The charger circuit was tested with an 83-F 64-V supercapacitor emulated as the electric vehicle battery. In the charging mode with a battery current approximately of 18 A with the battery voltage of 42 – 52 V, the efficiency was found to be 85%-87% with a total harmonic distortion (THD) in the line current less than 3.4%. The efficiency in the V2G mode with an 18-A discharging battery current at the battery voltage of 52-42 V was 80%-82% with the line current THD less than 4.9%. The prototype battery charger can the maximum reactive power of ± 1 kVar with the line current THD below 2.4%.

The highlight of this research is the proposed unified unbalanced synchronous reference frame current control of the AC-DC converter, which is equivalent to an ideal proportional resonant controller. This allows a rapid response to the line current command with a steady state line current error. The propose control scheme is robust to the converter parameter uncertainty, and it has good stability due to the

absence of orthogonal signal generation for axis transformation. The proposed line current control methodology can be adopted in other applications such as single-phase grid-connected photovoltaic inverters.

This prototype converter can be further developed as a Level-2 on-board electric vehicle battery charger by adding a battery management system and communication protocol for smart grid connectivity.

Keywords : Electric vehicle, Battery charger, Smart grid.